

УДК 624.21.04

**КОНТРОЛЬ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО
СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ПРОЛЕТНОГО
СТРОЕНИЯ МОСТА ЧЕРЕЗ р. ЗАПАДНАЯ ДВИНА
НА ОБХОДЕ г. ВИТЕБСКА**

**Вайтович О.М., канд. техн. наук,
Громпель Д.А.**

Государственное предприятие «БелдорНИИ»

(г. Минск, Республика Беларусь)

Практика белорусского и зарубежного мостостроения в последние годы характеризуется широким применением стальных с ортотропной плитой и сталежелезобетонных пролетных строений разрезных и неразрезных систем.

Только за последние 10 лет в республике построены большие мосты со стальными конструкциями пролетных строений через р. Западная Двина на обходе г. Витебска, в г. Верхнедвинске, мост через р. Сож в г. Гомеле, мост через р. З.Буг на погранпереходе Козловичи-Кукурыки, городской мост через р. Мухавец в г. Бресте, мост через р. Днепр в дер. Александрия, строятся мосты через р. Неман на обходе г. Гродно, через р. Березина в г. Березино и другие сооружения.

Как показывает мировая практика [1], наиболее эффективным методом для монтажа при строительстве пролетных строений общей длиной от 200 до 600 м с величиной пролетов от 30 до 50 м является метод продольной надвигки. Суть метода состоит в последовательном сооружении многопролетной неразрезной конструкции посекционно за береговым устоем на стационарном стапеле. После присоединения секций производится надвигка металлоконструкций пролетного строения в продольном направлении на промежуточные опоры. Надвигку осуществляют при помощи специальной гидравлической установки, а на освободившемся стапеле продолжают сборку и присоединение следующих секций.

Для обеспечения накатывания на опору применяют аванбек.

Надвижка металлоконструкций пролетного строения – сложный в инженерном отношении и крайне ответственный процесс, который на начальном этапе развития технологии надвижки сопровождался рядом катастрофических аварий.

Наиболее актуальной остается проблема устойчивости стальных главных балок сталежелезобетонных пролетных строений во время монтажа.

Согласно [2] в 70-е годы прошлого века потеря устойчивости главных балок от монтажных нагрузок привела к обрушению пролетных строений 11 автодорожных мостов. Анализ обрушений показал, что при оценке устойчивости балок недостаточно оперировать устойчивостью только верхнего пояса (при учете случайных эксцентриситетов, пластических деформаций в предельном состоянии и остаточных напряжений), необходимо учитывать еще и работу всего поперечного сечения балок, деформируемость контура верхнего пояса и прилегающих участков стенок при недеформируемости нижнего пояса.

Второй причиной обрушений был недостаточный учет технологических факторов при устройстве монолитной железобетонной плиты проезда, особенно, явлений ползучести и усадки бетона.

Третьей причиной при анализе аварий является явная перегрузка надвигаемых конструкций при монтаже.

Оперативно выявить и своевременно устранить потенциально опасные отклонения от проекта, оценить напряженно-деформированное состояние сечений надвигаемых конструкций, независимо оценить качество конструкций и комплектующих материалов, осуществить мониторинг строительства, оказать помощь и содействие проектировщику и подрядчику для принятия технических решений, обеспечивающих требуемое качество сооружений, возможно при научном сопровождении строительства. Согласно [3], мировой и отечественный опыт доказал необходимость научного сопровождения процесса строительства не только уникальных, но и всех сложных и ответственных сооружений.

К таким сооружениям следует отнести мост через р. Западная Двина на обходе г. Витебска (рис.1).



Рис. 1. Общій вид пролетного строення

Схема моста 63+126+63 м, проектная нагрузка А14 и НК-112. Габарит моста был запроектирован с двумя полосами движения и составил Г11,5+2×1,5 м.

Береговые и промежуточные опоры были выполнены монолитными железобетонными на буронабивных столбах диаметром 1,2 м.

Сталежелезобетонное пролетное строение выполнено неразрезным, высота его 3,6 м.

Пролетное строение состоит из 2-х стальных главных балок коробчатого сечения, объединенных между собой поперечными связями и железобетонной плитой проезжей части. Коробки главных балок в поперечном сечении имеют трапецевидную форму: внутренняя стенка коробки вертикальная, внешняя – наклонная. Расстояние между осями коробок 7,3 м. Стыки блоков металлоконструкций выполнены на высокопрочных болтах и сварке.

Мост запроектирован государственным предприятием «Белгипродор», ГИП Соседкова Л.К., сталежелезобетонное пролетное строение запроектировано ОАО «Трансмост», г. Санкт-Петербург, ГИП Петров В.В.

Проект надвижки разработал ЗАО Институт «Гипростроймост», г. Санкт-Петербург, ГИП – Гильбурт С.В., а осуществил строительство моста РУП «Мостострой», филиал «Мостостроительное управление № 5».

Надвижку металлоконструкций пролетного строения этого моста следует отнести к сложным, уникальным инженерно-техническим операциям: впервые была осуществлена надвижка через пролет длиной 126 м без устройства вспомогательной опоры.

Металлоконструкции пролетов собирались конвейерно-тыловой сборкой и двигались в пролеты с помощью толкающих устройств и тяговых лент, прикрепленных к анкерной опоре.

Для надвижки на опоры был запроектирован и изготовлен аванбек длиной 52,5 м. Стык аванбека с коробками главных балок был выполнен по накладкам при помощи высокопрочных болтов М22 в количестве 120 штук на стык.

Для приема пролетного строения на опору № 3 было изготовлено приемно-поворотное устройство (рис. 2).

а)



б)



Рис. 2. Надвижка пролетного строения:
а) вид ППУ у опоры № 3; б) общий вид надвижки

Надвижка осуществлялась с правого берега на левый. Проектная линия надвижки не учитывала строительный подъем коробок (до 95 см) и в профиле представляла собой прямую линию с общим уклоном 15 ‰ от опоры № 1 к опоре № 2.

Научно-техническое сопровождение надвижки по поручению РУП «Витебскавтодор» выполняло государственное предприятие «БелдорНИИ». Основной задачей, поставленной перед «БелдорНИИ» было обеспечить мониторинг напряженно-деформированного состояния металлоконструкций для безопасной надвижки их в проектное положение. Для этого осуществлялись следующие мероприятия:

- определение планово-высотного положения пролетного строения на разных этапах производства работ;
- определение планово-высотного положения накаточного пути;
- определение высотного положения консоли аванбека и стыка блоков полетного строения с аванбеком; контроль их вертикальных перемещений при надвижке;
- выявление внешних проявлений деформаций («хлопунов»);
- контроль «ухода» пролетного строения в плане при надвижке, контроль отлипания металлоконструкций в местах опираний на «скользуну» и перекаточные устройства;
- измерение напряжений в металлоконструкциях при надвижке.

Наиболее сложно в техническом исполнении было обеспечить постоянный контроль напряжений в металле в контрольных сечениях в процессе надвижки, т.к. обычные методы тензометрирования в нашем случае были неприемлемы из-за большой длины надвигаемых конструкций, разброса контрольных сечений по длине, постоянного передвижения контрольных сечений и др. Для решения этой задачи были привлечены специалисты ООО «Сенсотроника», которые предложили методику непрерывного контроля с отображением данных об изменении динамики напряжений в контрольных точках контрольных сечений надвигаемых конструкций с использованием специально разработанных и оттарированных датчиков.

Датчики крепились методом контактной сварки внутри коробок на верхние и нижние пояса балок вблизи вертикальной и наклонной стенок коробок рис. 3. Для компенсации температурных влияний на поверхности пластины из того же металла закреплялся компенсационный датчик.

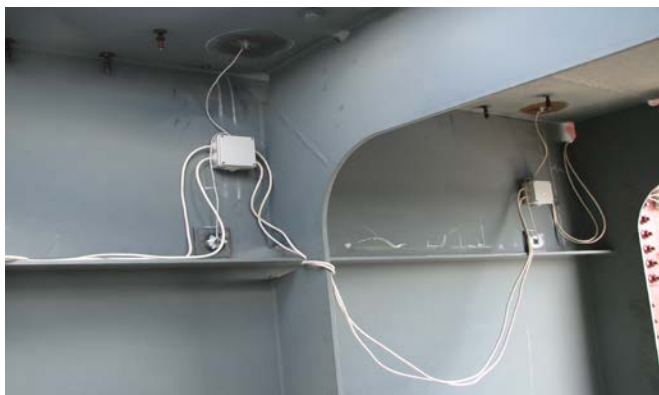


Рис. 3. Расположение датчиков

Всего было изготовлено и смонтировано на конструкциях пролетного строения 42 комплекта датчиков и электронных блоков преобразования информации. Все электронные блоки были соединены последовательно-параллельной связью с персональным компьютером и через адаптеры беспроводной связи соединены с главным пультом отображения информации.

В наиболее нагруженных в процессе монтажа сечениях с целью дополнительного контроля устанавливали механические индикаторы типа ИГМ на базе 500 мм. Объем показаний индикаторов осуществляли при помощи видеокамер и специально разработанной электронной схемы управления передачи информации с 8 видеокамер на головной компьютер. Информация с видеокамер считывалась по команде головного компьютера и сохранялась в базе данных.

Архитектура системы автоматического контроля динамики изменения напряжений в контрольных сечениях приведена на рис. 4.

Данные о напряжениях в металлоэлементах отображались в реальном времени. При превышении фактических значений напряжений над расчетными текущая информация отображалась красным цветом.

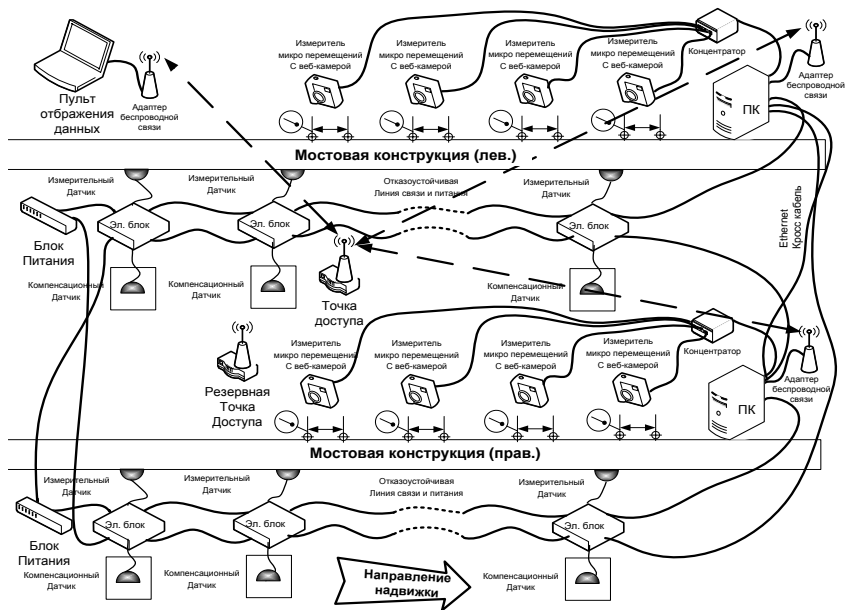


Рис. 4. Архитектура построения системы автоматического контроля динамики изменения внутренних механических напряжений в мостовой конструкции во время навигации

На рис. 5 приведены полученные при навигации графики, отображающие динамику изменения напряжений в контрольных точках сечений надвигаемого пролетного строения.

Анализ результатов показал, что на напряженное состояние сечений существенное влияние оказывают изменение скорости и направления ветра, изменение силы трения на перекаточных устройствах, моменты включения гидродомкратов толкающего устройства, положение солнца и разность температур верхового и низового блоков.

Величина остаточных напряжений в металле конструкций после заводской сварки измеренных с использованием переносных датчиков напряжений, изготовленных ООО «Сенсотроника», в среднем составляла 90 кгс/см^2 , максимальные зарегистрированные напряжения – 140 кгс/см^2 .

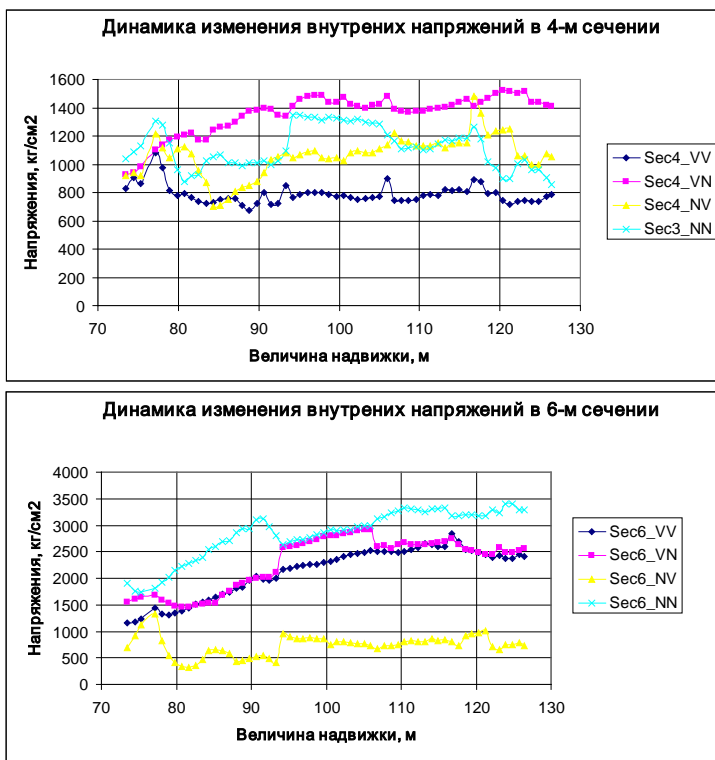


Рис. 5. Графики изменения внутренних напряжений в контрольных точках при надвижке пролетного строения

Процесс надвижки прошел без существенных превышений значений главных напряжений. При вылете консоли аванбека за ось опоры № 3 на длину 27,05 м датчики зарегистрировали резкий, но не превышающий контрольных значений, скачок напряжений в контрольном сечении блока БК11.

Визуальным контролем было выявлено смещение элемента связи между верховой и низовой коробками блоков БК11. Причиной такого смещения элемента связи явилась разница температур верхового и низового блоков в сочетании с запаздыванием включения в работу одного из домкратов на толкающем устройстве.

Таким образом, принятые меры по обеспечению непрерывного контроля напряженно-деформированного состояния способствовали

успешному осуществлению надвигки пролетного строения длиной 126 м без применения временных опор.

Литература

1. Марышев, А.Б. Цикличная продольная надвигка /А.Б. Марышев // Строительная техника и технологии. – 2008. – № 5. – С. 134–141.
2. Платонов, А.С. Уроки аварий металлических конструкций мостов / А.С. Платонов // Транспортное строительство. – 2009. – № 6. – С. 6–9.
3. Цернант, А.А. Научное сопровождение объектов как условие обеспечения комплексной безопасности строительства /А.А. Цернант // Транспортное строительство. – 2009. – № 3. – С. 2–5.

УДК 624.21.04

ГИДРОФОБНЫЙ ЦЕМЕНТ И СПОСОБ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ

Гречухин В.А.

Белорусский национальный технический университет

(г. Минск, Республика Беларусь)

Цементы марок 400 и 500 за 3 – 6 месяцев теряют хранения до 30 % активности. Поэтому актуально получение цемента, который будет сохранять свою активность при хранении и нормально гидратировать при затворении водой.

Теоретические представления о получении гидрофобных цементов основываются на работах П.А. Ребиндера, Е.Е. Сегаловой и др. [1 – 2]. Эти пленки образуются на зернах цемента при помоле или повторном домоле в мельницах с гидрофобизирующими добавками. Такой цемент способен храниться длительное время без существенной потери активности. При затворении водой гидрофобная пленка замедляет скорость гидратации цемента и повышает жизнеспособность бетонной смеси.

В работе для гидрофобизации цемента использована отработанная глина. Однако ее введение помолом или повторным домолом в мельницах неэффективно из-за образования комков ОГ покрытых слоем цемента. Учитывая это, разработан специальный способ.

Три части ОГ перетирали с четырьмя частями цемента в течение